

1317 1007  
IP20 Rec'd PCT/PTO 23 JUN 2006**Umrichter****Beschreibung:**

5 Die Erfindung betrifft einen Umrichter.

Bei Umrichtern ist bekannt, den Istwert  $I_{ist}$  des Motorstromes zu erfassen, wobei die Stromerfassungsmittel im Umrichter angeordnet sind. Die Signale, welche aus den Stromerfassungsmitteln der Steuerelektronik zur Verfügung gestellt werden, werden zuerst  
10 einem Filter 1, beispielsweise einem PT1 Filter, wie in Figur 1 dargestellt. Somit stehen dem Mikrocontroller 2 geglättete Messsignale zur Verfügung und Störsignale werden unterdrückbar. Das PT1 Filter ist als Tiefpassfilter vorteiligerweise mit einer Zeitkonstante von beispielsweise 20  $\mu$ s ausgeführt.

15 Nachteilig ist bei diesen Umrichtern, dass bei Verwendung von langen Kabeln zwischen dem Umrichter und dem versorgten Elektromotor die Kapazität der Kabel zu hohen Umladestromspitzen führt. Denn die Umrichter sind pulswertenmoduliert betrieben und eine Spannungsänderung am Ausgang des Umrichters führt zu kurzzeitig auftretenden großen Aufladestromspitzen dieser Kabel-Kapazität.

20

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, die Stromerfassung bei Umrichtern zu verbessern.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe bei dem Umrichter nach den in Anspruch 1 angegebenen  
25 Merkmalen gelöst.

Wesentliche Merkmale der Erfindung bei dem Umrichter sind, dass er mindestens Mittel zur Stromerfassung der dem vom Umrichter versorgten Elektromotor zugeführten Ströme umfasst,

30

wobei die Mittel zur Stromerfassung innerhalb des Umrichters angeordnet sind,

wobei die Signale der Mittel einem nichtlinearen Filter zugeführt werden, dessen Ausgangssignale einem weiteren Filter zugeführt werden, das mit einem Analog-Digital-Wandler verbunden ist.

- 5 Von Vorteil ist dabei, dass eine hohe Regelgüte und Regelqualität erreichbar ist bei Umrichtern, die mittels langer Kabel mit dem jeweils versorgten Elektromotor verbunden sind. Denn die wegen der großen Kabelkapazität auftretenden Umladestromspitzen sind hervorragend wegfilterbar, insbesondere mindestens eine Größenordnung besser als mit einem bloßen PT1-Filter. Wesentlich dabei ist, dass nicht nur der Spitzenwert des gefilterten
- 10 Signals geringer ist sondern vor allem, dass die Spannungs-Zeit-Fläche sehr viel kleiner vorsehbar ist als bei einem PT1-Filter oder auch anderen linearen Filtern.

- Das nichtlineare Filter ist stets derart ausgelegt, dass die Änderungen des Stromwertes, welche maschinenbedingt sind, also von der Ausführung des Elektromotors bestimmt sind,
- 15 im Wesentlichen ungestört durchgelassen werden. Umladestromspitzen mit kleinen Zeitdauern gegenüber der charakteristischen Zeit des nichtlinearen Filters werden im Gegensatz dazu im Messignal unterdrückt. Stromänderungen, die beispielsweise durch mechanische Belastungsänderungen des Rotors des Elektromotors bedingt sind, werden hingegen im Wesentlichen ungeändert durchgelassen.

20

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung ist der Analog-Digital-Wandler in einem Mikrocontroller oder Mikroprozessor integriert. Von Vorteil ist dabei, dass möglichst wenige kostengünstige Bauelemente verwendbar sind.

- 25 Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung ist das nichtlineare Filter ein Hochlaufgeber. Von Vorteil ist dabei, dass eine besonders einfach aufzubauende Komponente herstellbar ist.

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung umfasst der Hochlaufgeber einen Vergleicher und einen Integrierer. Von Vorteil ist dabei, dass Standardkomponenten verwendbar sind.

30

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung ist das weitere Filter ein PT1-Filter. Von Vorteil ist dabei, dass die Schaltung des Standes der Technik nur wenige einfache Modifikationen benötigt.

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung ist für den Hochlaufgeber der dem Nennstrom des Umrichters entsprechende Wert in einer Zeit zwischen 5 und 10  $\mu\text{s}$  erreichbar. Von Vorteil ist dabei, dass die Filterung sehr effektiv ist und die Spannungs-Zeit-Fläche viel niedriger ist als bei Verwendung eines PT1-Filters mit entsprechender Zeitkonstante.

5

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung hat das PT1-Filter eine Zeitkonstante mit einem Wert zwischen 15 und 25  $\mu\text{s}$ , insbesondere von etwa 20  $\mu\text{s}$ . Von Vorteil ist dabei, dass Komponenten des Standes der Technik verwendbar sind.

10 Weitere Vorteile ergeben sich aus den Unteransprüchen.

## Bezugszeichenliste

- 1 Filter
- 5 2 Mikrocontroller
- 3 Hochlaufgeber
- 31 Vergleicher
- 32 Integrierer mit Pegelumsetzer
- 41 Operationsverstärker
- 10 42 Operationsverstärker
- R1 Widerstand
- R2 Widerstand
- C1 Kapazität
- C2 Kapazität

Die Erfindung wird nun anhand von Abbildungen näher erläutert:

In der Figur 2 ist ein wesentliches Merkmal der Erfindung skizziert. Den Stromerfassungsmitteln nachgeschaltet ist ein Hochlaufgeber 3. Dessen Ausgangssignal wird der üblichen Filterung, also dem Tiefpassfilter 1, zugeführt und dann die so geglätteten Signale dem Mikrocontroller.

Der Hochlaufgeber hat im Idealfall die Eigenschaft, dass sein Ausgangssignal mit fester Änderungsgeschwindigkeit ansteigt, solange die Ausgangsspannung kleiner als die Eingangsspannung ist. Ebenso fällt sein Ausgangssignal mit fester Änderungsgeschwindigkeit ab, solange die Ausgangsspannung größer als die Eingangsspannung ist. Wenn also das Eingangssignal sich langsamer ändert als diesen beiden Änderungsgeschwindigkeiten entspricht, gleicht das Ausgangssignal dem Eingangssignal. Bei der praktischen Ausführung ergeben sich Abweichungen von diesem Idealverhalten.

In Figur 3 ist ein prinzipieller Aufbau des Hochlaufgebers gezeigt. Dabei wird der Ausgang eines Vergleichers 31 einem Integrierer 32 zugeführt und das Ausgangssignal des Integrierers 32 vom Vergleichers 31 verwendet. Solange also zwischen Eingangs- und Ausgangsgröße des Hochlaufgebers nach Figur 3 eine Differenz besteht, wird der Ausgang des Vergleichers 31 einen positiven oder negativen Wert aufweisen abhängig von dem Vorzeichen der Differenz. Das Ausgangssignal des Integrierers 32 wächst linear mit der Zeit an beziehungsweise fällt linear mit der Zeit. Insgesamt wird also eine kurzzeitig auftretende rechteckförmig verlaufende Eingangsgröße in einen kleinen Dreieckspuls verwandelt. Die Steigung der dreieckförmigen Verlaufes ist abhängig von der Zeitkonstanten des Integrierers. Diese wird bei der Erfindung derart gewählt, dass sie größer ist als die typische Zeitdauer der Umladestromspitze für die Aufladung der Kabelkapazitäten.

Die maximale Steigung des Hochlaufgeber-Ausgangssignales ist derart gewählt, dass sie betragsmäßig stets größer ist als die maximal auftretenden Steigungen des Motorstromverlaufes. Diese Steigungen des Motorstromverlaufes sind wesentlich bestimmt durch die Induktivität des Elektromotors und die angelegte Spannung und die induzierte Spannung im Motor. Somit findet keine Tiefpassfilterung der Motorströme statt sondern der zu messende Stromverlauf wird im Wesentlichen unverändert den nachfolgenden Schaltungsteilen durchgeleitet. Die Umladestromspitzen hingegen sind stark reduziert, weil

diese eine wesentlich höhere Steigung aufweisen als die genannte maximale Steigung des Hochlaufgeber-Ausgangssignales.

In Figur 4 ist ein konkreter beispielhafter Schaltplan gezeigt. Es sind jedoch auch andere  
5 Schaltpläne zum Ausführen der Erfindung vorteilig verwendbar. In Figur 4 ist der Vergleich  
mittels des Operationsverstärkers 41 samt umgebender Beschaltung ausgeführt. Dessen  
Ausgangssignale werden dem Integrierer 42, R4, R5, R6, R7 und C1 mit Pegelumsetzung  
zugeführt, wobei dieser Integrierer eine Zeitkonstante zwischen 2 und 10  $\mu\text{s}$  aufweist und der  
Operationsverstärker 42 zur Pegelumsetzung verwendet vorgesehen ist. Die Rückführung  
10 des Ausgangssignals zum Eingang des Vergleichers erfolgt über den Widerstand R8. Die  
Kapazität C2 dient zum Verhindern von Schwingverhalten der Anordnung. Auch weitere  
Bauelemente sind derart vorgesehen und dimensioniert, dass Schwingverhalten verhindert  
ist, wie beispielsweise C3. Der Vergleich ist realisiert als Verstärker mit hoher Verstärkung,  
die durch R1, R9, R2 und R8 bestimmt ist.

15

In Figur 5 ist ein beispielhafter Puls gezeigt, der den zeitlichen Verlauf einer auf 1 normierten  
Umladestromspitze symbolisch skizziert, die eine Pulsbreite von etwas mehr als 1  $\mu\text{s}$   
aufweist. Reale Umladestromspitzen bei geschirmten Kabeln von einigen Metern Länge,  
beispielsweise 20m, weisen Spitzenwerte von einigen Ampere, beispielsweise 10 Ampere  
20 und mehr, auf. Die realen zeitlichen Verläufe sind keine rechteckförmigen Pulse, wie in Figur  
5 gezeigt, sondern weisen ein stark gedämpftes Schwingverhalten auf, das auch  
mitbestimmt wird von der Induktivität des Kabels und von anderen Größen. Der symbolische  
Verlauf der Umladestromspitze dient aber zum besseren Verständnis der Erfindung und des  
Verhaltens des Hochlaufgebers im Vergleich zum Stand der Technik. Die  
25 Spannungszeitfläche der dargestellten symbolischen Umladestromspitze ist vergleichbar zu  
realen Umladestromspitzen.

Figur 6 zeigt die gemessene Antwort eines konventionellen PT1-Filters mit einer  
Zeitkonstante von 20  $\mu\text{s}$  auf die Umladestromspitze nach Figur 5. Dies entspricht dem Stand  
30 der Technik. Der gefilterte Wert erreicht die Höhe von 0,08, also 8 % der realen  
Umladestromspitze. Die Zeitdauer der Entladung des PT1-Filters ist sehr groß. Die  
Spannungs-Zeitfläche ist ebenfalls sehr groß.

Figur 7 zeigt die gemessene Antwort des Hochlaufgebers auf die Umladestromspitze nach  
35 Figur 5. Der Spitzenwert erreicht die Höhe von 0,05, also nur 5 % der realen

Umladestromspitze. Die Zeitdauer der Entladung des Hochlaufgebers ist sehr klein und liegt bei etwa 2  $\mu$ s. Die Spannungs-Zeitfläche ist ebenfalls sehr klein. Abweichungen von der idealen Dreiecksform der Antwort ergeben sich daraus, dass der Vergleicher keine unendlich hohe Verstärkung aufweist sondern zur Unterdrückung von Schwingverhalten nur eine

5 endliche Verstärkung aufweist.

Der Operationsverstärker 41 ist vorteilhafterweise derart gewählt, dass er innerhalb weniger als 200 ns aus der Sättigung in den aktiven Regelbereich.

- 10 Figur 8 zeigt die gemessene Antwort, wenn dem Hochlaufgeber 3 der übliche Filter 1 nachgeschaltet wird. Es ist deutlich zu sehen, dass die Umladestromspitze nur geringste Auswirkung auf das dem Mikrocontroller 2 zugeführte Ausgangssignal hat.

Somit ist bei der Erfindung ein nichtlineares Filter vorgesehen, das Umladestromspitzen

15 hervorragend unterdrückt und somit auch bei Umrichtern mit langen Kabeln zum versorgten Motor eine sehr gute Regelqualität ermöglicht.

## 5 Patentansprüche:

1. Umrichter,

umfassend mindestens Mittel zur Stromerfassung der dem vom Umrichter versorgten

10 Elektromotor zugeführten Ströme,

wobei die Mittel zur Stromerfassung innerhalb des Umrichters angeordnet sind,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

15

die Signale der Mittel einem nichtlinearen Filter zugeführt werden, dessen Ausgangssignale einem weiteren Filter zugeführt werden, das mit einem Analog-Digital-Wandler verbunden ist.

20



2. Umrichter nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**

5 der Analog-Digital-Wandler in einem Mikrocontroller oder Mikroprozessor integriert ist.

3. Umrichter nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
das nichtlineare Filter ein Hochlaufgeber ist.

10

4. Umrichter nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
der Hochlaufgeber einen Vergleichler und einen Integrierer umfasst.

15 5. Umrichter nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
das weitere Filter ein PT1-Filter ist.

6. Umrichter nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,  
20 **dadurch gekennzeichnet, dass**  
für den Hochlaufgeber der dem Nennstrom des Umrichters entsprechende Wert in einer Zeit  
zwischen 5 und 10  $\mu$ s erreichbar ist.

7. Umrichter nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,  
25 **dadurch gekennzeichnet, dass**  
das PT1-Filter eine Zeitkonstante mit einem Wert zwischen 15 und 25  $\mu$ s hat, insbesondere  
von etwa 20  $\mu$ s.

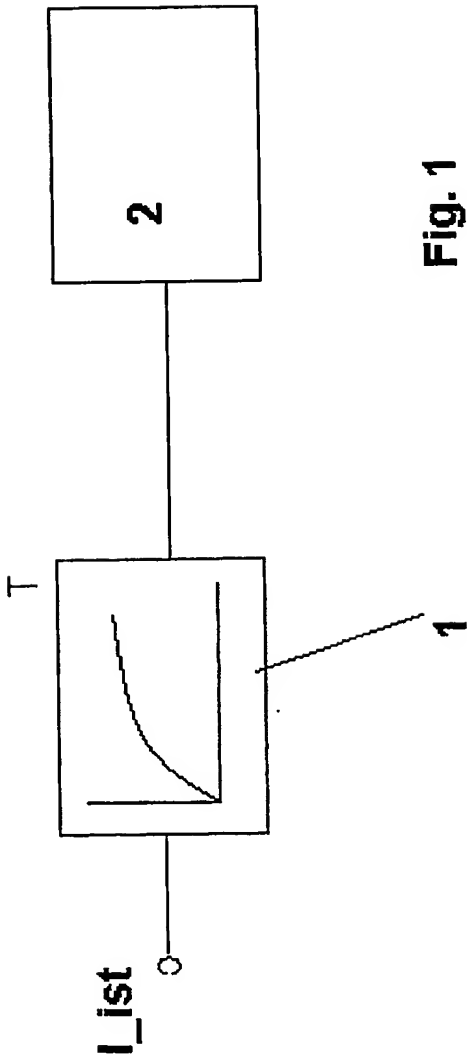


Fig. 1

Stand der Technik

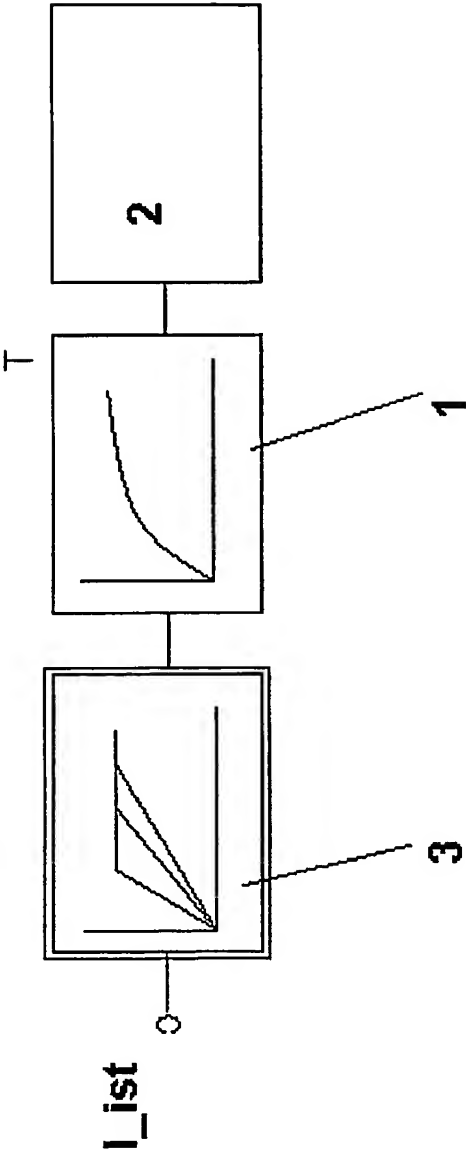


Fig. 2

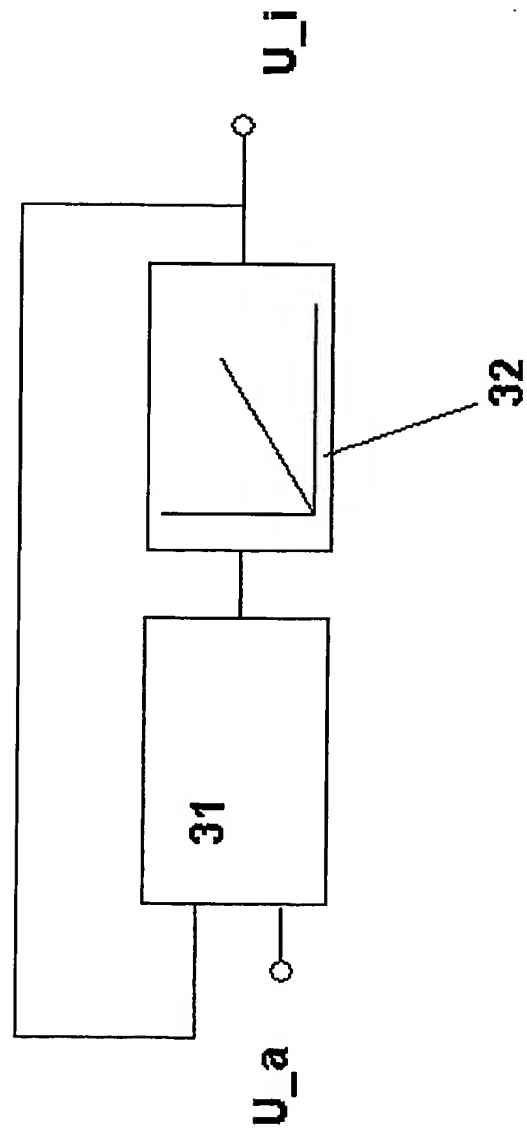


Fig. 3

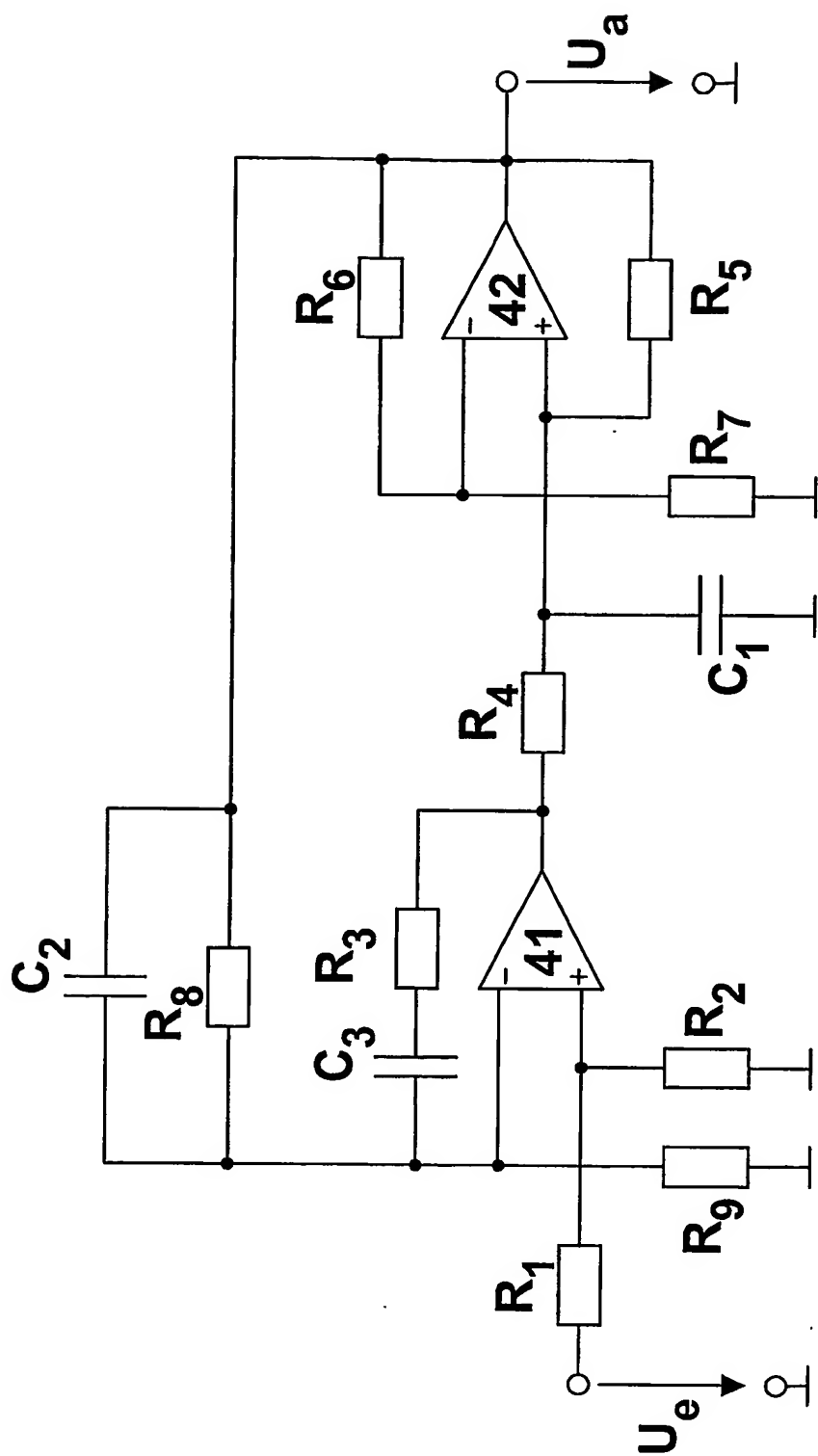


Fig. 4

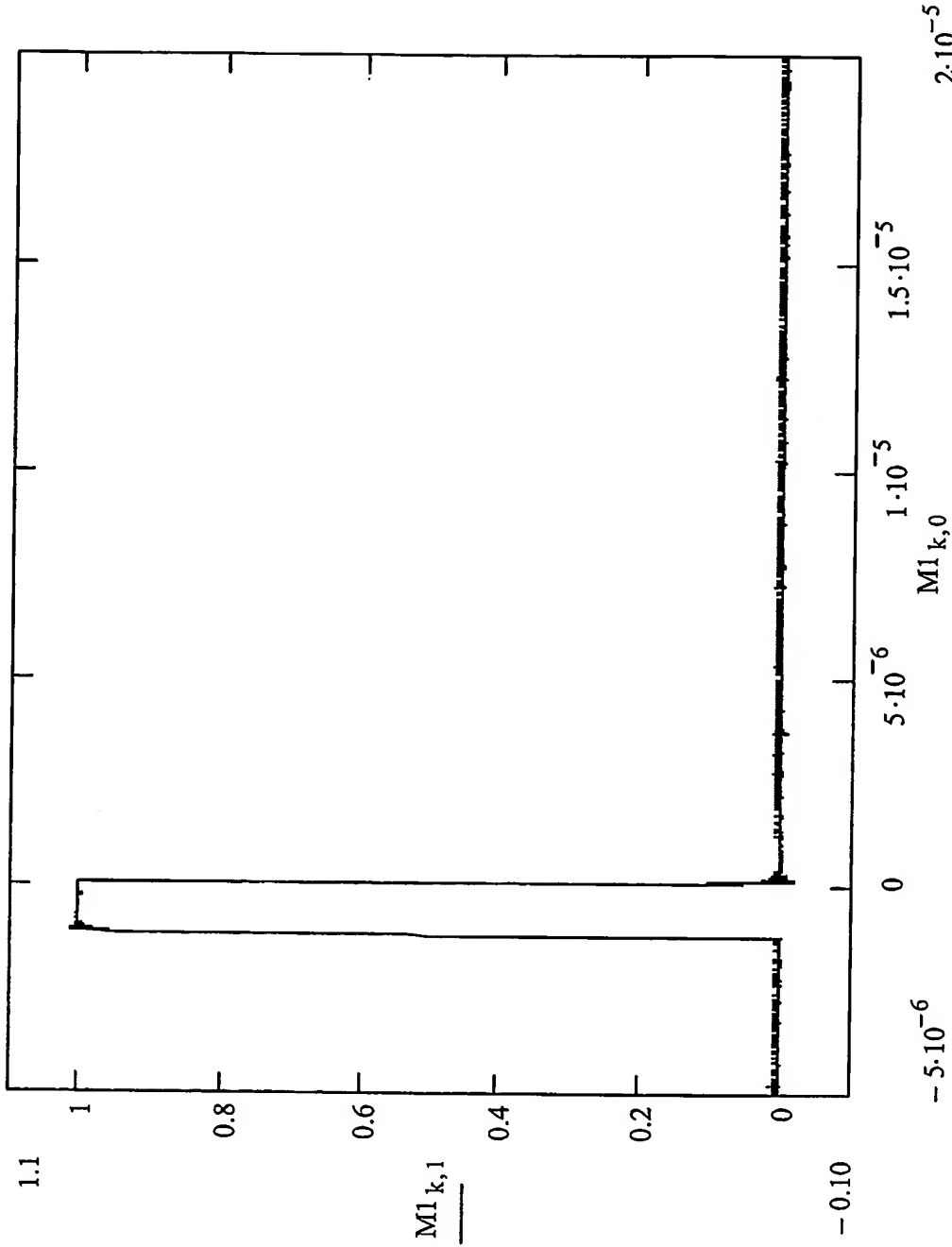


Fig. 5

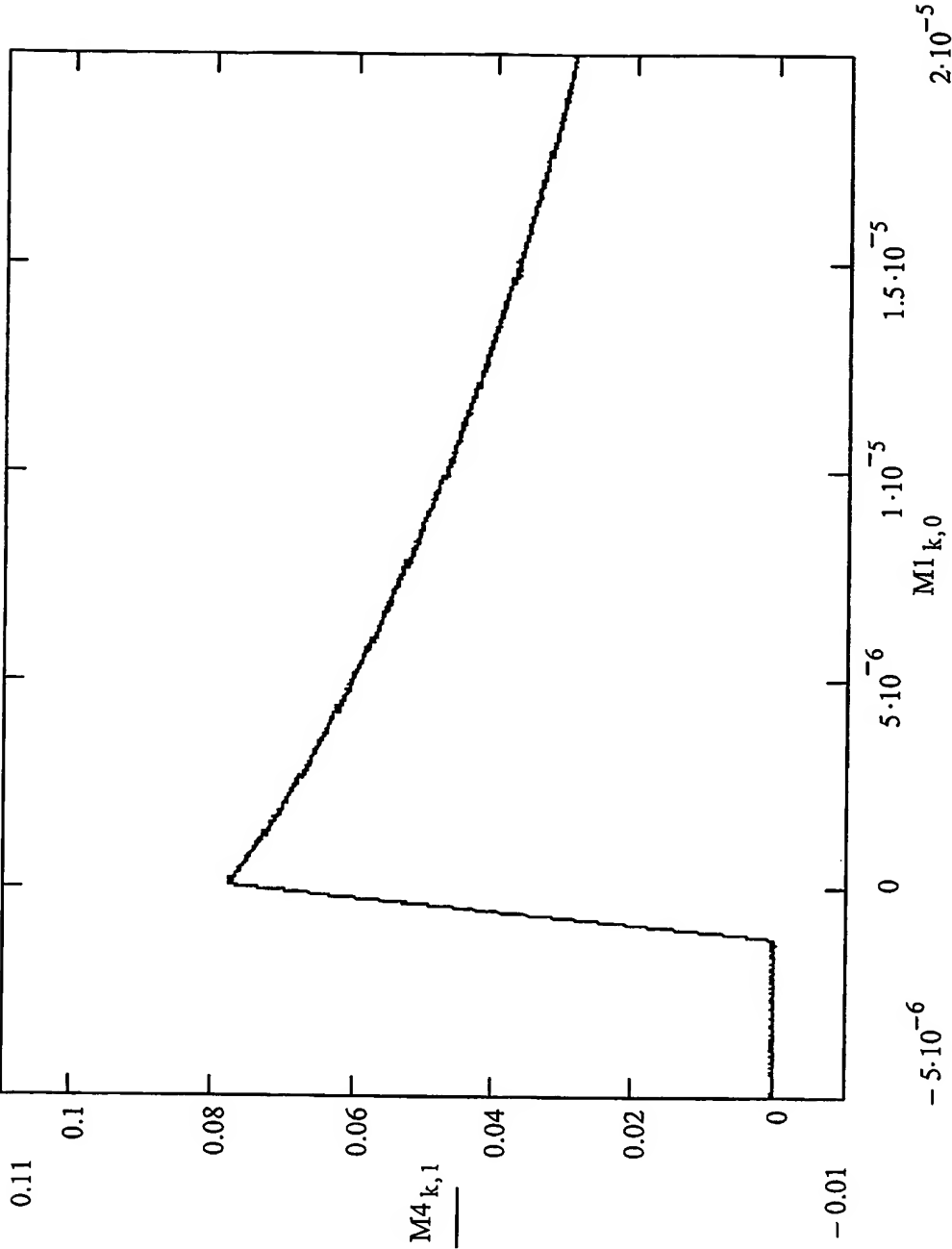


Fig. 6

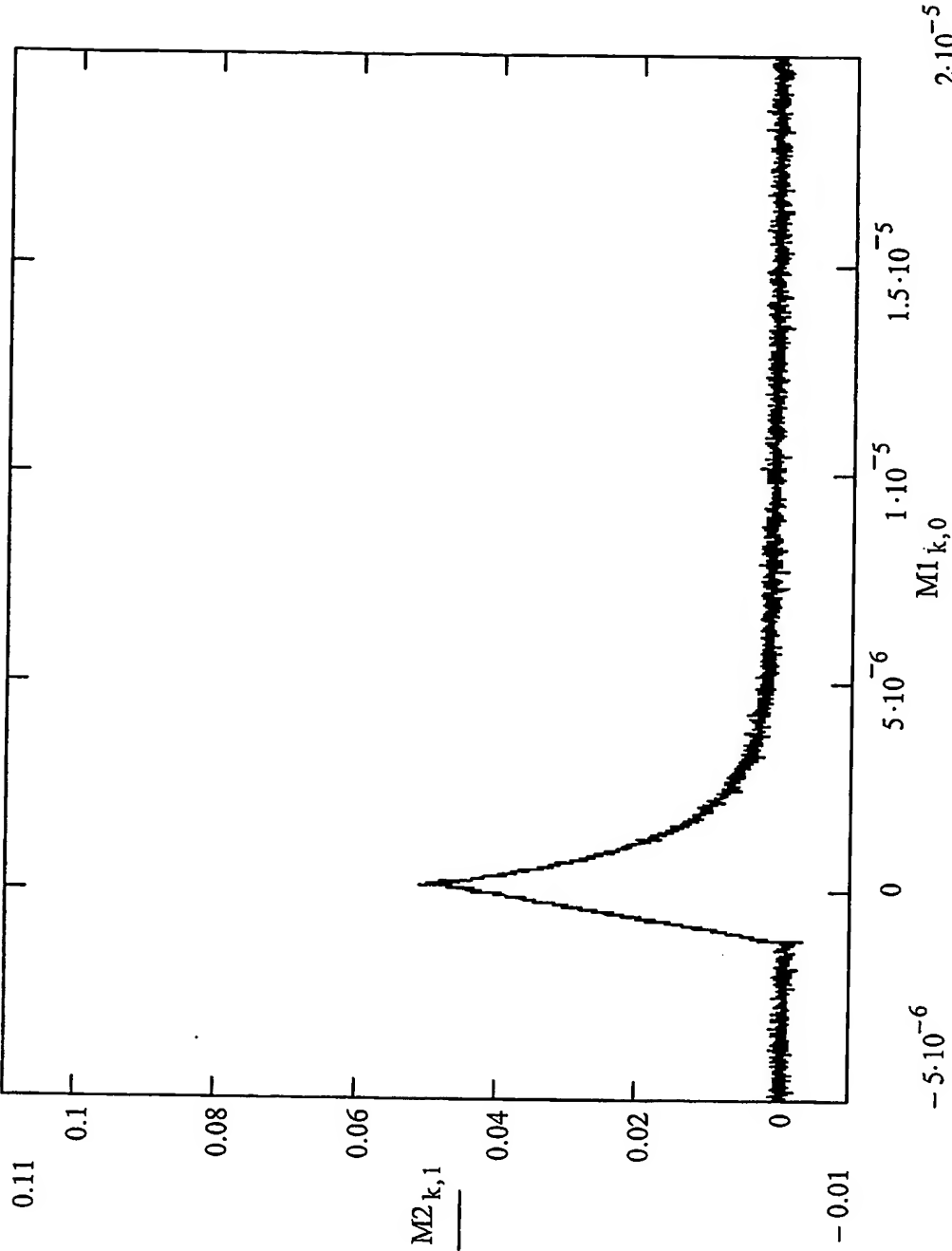


Fig. 7



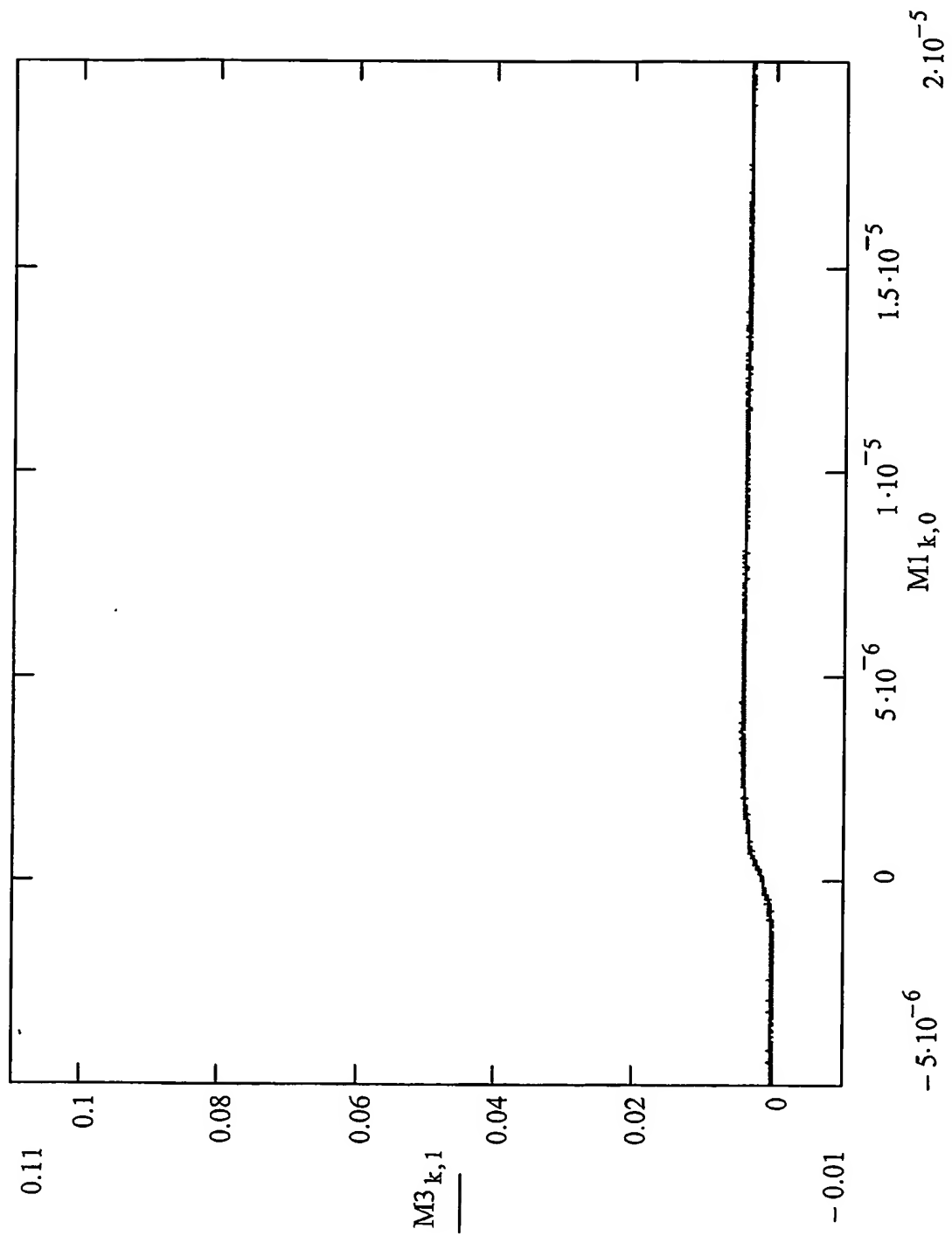


Fig. 8